

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

(11)Publication number : 09-285088

OCT 26 2006

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl.

H02K 21/16

(21)Application number : 08-091014

(71)Applicant : HITACHI LTD  
HITACHI CAR ENG CO LTD

(22)Date of filing : 12.04.1996

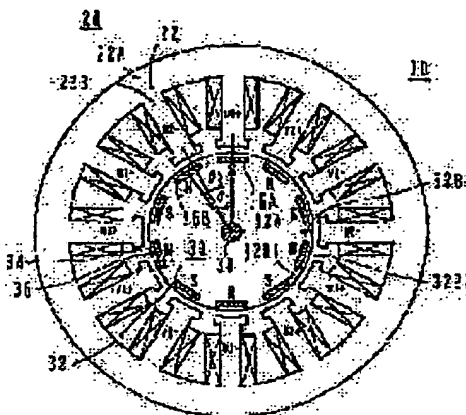
(72)Inventor : TAJIMA FUMIO  
MATSUNOBU YUTAKA  
KAWAMATA SHOICHI  
SHIBUKAWA SUETARO  
KOIZUMI OSAMU  
ODA KEIJI

## (54) PERMANENT MAGNET DYNAMO-ELECTRIC MACHINE AND MOTOR-DRIVEN VEHICLE EMPLOYING THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a permanent magnet dynamo-electric machine which is suitable for a high speed operation, highly efficient and small in size and weight and, further, provide a motor-driven vehicle which can run a long distance with one charge by employing such a permanent magnet dynamo-electric machine.

**SOLUTION:** A dynamo-electric machine 10 is composed of a stator 20 which has a stator core 22 on which stator windings 24 are wound and a rotor 30 which is held inside the stator 20 so as to be able to rotate and has a rotor core 32 and a plurality of permanent magnets 36 which are so arranged in the rotor core 32 as to face the stator core 22. The stator windings 24 are concentratedly wound on the poles 22B of the stator 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.03.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

Best Available Copy

Best Available Copy

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-05178

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 05.04.2001

[Date of extinction of right]

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

OCT 26 2006

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] It is the permanent magnet dynamo-electric machine characterized by winding the above-mentioned stator winding around the magnetic pole of the above-mentioned stator intensively in the permanent magnet dynamo-electric machine which consisted of rotators which have two or more permanent magnets which countered the interior of the stator which has the stator core which wound the stator winding, the rotor core which is held pivotable at the inner circumference of this stator, and consists of magnetic material, and this rotor core with the above-mentioned stator core, and have been arranged.

[Claim 2] The permanent magnet dynamo-electric machine characterized by having arranged the magnetic material which has permeability higher than the above-mentioned permanent magnet among two or more above-mentioned permanent magnets in a permanent magnet dynamo-electric machine according to claim 1.

[Claim 3] For at least one, the stator magnetic pole around which the above-mentioned stator winding connected to the same phase is wound in a permanent magnet dynamo-electric machine according to claim 2 is a permanent magnet dynamo-electric machine characterized by phases differing to the above-mentioned rotor.

[Claim 4] It is M, when the pole of the above-mentioned stator magnetic pole is set to M and the pole of the permanent magnet of the above-mentioned rotor is set to P in a permanent magnet dynamo-electric machine according to claim 3 : P Permanent magnet dynamo-electric machine characterized by being referred to as  $=6n:6n**2$  (n: positive integer).

[Claim 5] It is M, when the pole of the above-mentioned stator magnetic pole is set to M and the pole of the permanent magnet of the above-mentioned rotor is set to P in a permanent magnet dynamo-electric machine according to claim 3 : P Permanent magnet dynamo-electric machine characterized by being referred to as  $=3n:3n**1$  (n: positive integer).

[Claim 6] The permanent magnet dynamo-electric machine characterized by making the pole of the above-mentioned rotor into eight or more poles in a permanent magnet dynamo-electric machine according to claim 1.

[Claim 7] It is held pivotable at the inner circumference of the stator which has the stator core which wound the stator winding, and this stator. It has the permanent magnet dynamo-electric machine which consisted of rotators which have two or more permanent magnets which countered the interior of the rotor core which consists of magnetic material, and this rotor core with the above-mentioned stator core, and have been arranged. It is an electric car using the permanent magnet dynamo-electric machine characterized by winding the above-mentioned stator winding around the magnetic pole of the above-mentioned stator intensively in the electric car using the permanent magnet dynamo-electric machine which a wheel drives with this permanent magnet dynamo-electric machine.

[Translation done.]

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

OCT 26 2006

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the electric car which used a permanent magnet dynamo-electric machine and it, and relates to the electric car using the suitable permanent magnet dynamo-electric machine and suitable it for an internal magnet mold dynamo-electric machine especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since an electric car and especially the driving motor used in an electric vehicle need to limit the amount of the dc-battery loaded as an electric vehicle, and to secure 1 charge mileage sufficient with the power resource, lightweight [ small ] and a small efficient thing are desired.

[0003] In order to form a motor into small lightweight, to be suitable for high-speed rotation is demanded. Moreover, as an efficient motor, a permanent-magnetic motor can be recommended rather than a direct current motor or an induction motor.

[0004] There are a surface magnet rotator which arranges a permanent magnet on the periphery of a rotator, and the so-called internal magnet rotator which has permeability higher than a permanent magnet, for example, has a permanent magnet attaching part in silicon steel as permanent magnet rotator.

[0005] The surface magnet permanent-magnetic motor had faults, like that control is easy for magnet magnetic flux, and since a magnet's needing to be reinforced for high-speed rotation and field-weaking control are difficult while being made to the low noise, since the effect of the reaction magnetic flux of a stator winding is weak, the speed-control range is narrow and the effectiveness at the time of high-speed low loading is low.

[0006] On the other hand, the internal magnet permanent-magnetic motor has the advantage of being able to use a pivotable point and reluctance torque a surface magnet rotator and reversely till a high speed by the pole piece section of the magnetic substance of the point which can be operated to a high speed by field-weaking control, the point which can make efficient the time of high-speed low loading by field-weaking control, and a magnet periphery.

[0007] As an internal permanent magnet dynamo-electric machine, the thing of a publication is known by drawing 5 of JP,5-219669,A or JP,7-39091,A, for example.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional internal permanent magnet dynamo-electric machine, the distributed-winding stator is adopted as structure of the stator with the large-sized dynamo-electric machine which can be used for an electric car etc.

[0009] However, since the end section of the coil of a stator became long, the distributed-winding stator had the problem that there was a limitation in miniaturizing the magnitude of the body of a dynamo-electric machine. In the dynamo-electric machine especially used for an electric car, while it is suitable for a high speed and an efficient thing is required, to be a small light weight is demanded further.

[0010] The purpose of this invention is by it being suitable for a high speed, offering a small lightweight permanent magnet dynamo-electric machine, while it is efficient, and using this

permanent magnet dynamo-electric machine to offer an electric car with long 1 charge mileage.  
[0011]

[Means for Solving the Problem] The stator which has the stator core where this invention wound the stator winding in order to attain the above-mentioned purpose, In the permanent magnet dynamo-electric machine which consisted of rotators which have two or more permanent magnets which countered the interior of the rotor core which is held pivotable at the inner circumference of this stator, and consists of magnetic material, and this rotor core with the above-mentioned stator core, and have been arranged The above-mentioned stator winding is intensively wound around the magnetic pole of the above-mentioned stator, and can miniaturize a dynamo-electric machine by this configuration.

[0012] In the above-mentioned permanent magnet dynamo-electric machine, the magnetic material which has permeability higher than the above-mentioned permanent magnet among two or more desirable above-mentioned permanent magnets is arranged, and it weakens, \*\*\*\* control is performed and it may be suitable for high-speed rotation with this configuration.

[0013] In the above-mentioned permanent magnet dynamo-electric machine, it is made for the stator magnetic poles around which the above-mentioned stator winding preferably connected to the same phase is wound to differ in a phase to the above-mentioned rotator, and at least one can reduce pulsating torque by this configuration.

[0014] It is M, when the pole of the above-mentioned stator magnetic pole is set to M and the pole of the permanent magnet of the above-mentioned rotator is preferably set to P in the above-mentioned permanent magnet dynamo-electric machine :P It is made to be referred to as  $=6n:6n+2$  (n: positive integer), and by this configuration, pulsating torque is reduced and cogging torque can be reduced further.

[0015] It is M, when the pole of the above-mentioned stator magnetic pole is set to M and the pole of the permanent magnet of the above-mentioned rotator is preferably set to P in the above-mentioned permanent magnet dynamo-electric machine :P It is made to be referred to as  $=3n:3n+1$  (n: positive integer), and by this configuration, pulsating torque is reduced and cogging torque can be reduced further.

[0016] In the above-mentioned permanent magnet dynamo-electric machine, preferably, it is made to make the pole of the above-mentioned rotator into eight or more poles, and becomes a thing suitable for high-speed rotation by this configuration.

[0017] The stator which has the stator core where this invention wound the stator winding in order to attain the above-mentioned purpose, It is held pivotable at the inner circumference of this stator, and has the permanent magnet dynamo-electric machine which consisted of rotators which have two or more permanent magnets which countered the interior of the rotor core which consists of magnetic material, and this rotor core with the above-mentioned stator core, and have been arranged. In the electric car using the permanent magnet dynamo-electric machine which a wheel drives with this permanent magnet dynamo-electric machine, the above-mentioned stator winding is intensively wound around the magnetic pole of the above-mentioned stator, and may lengthen 1 charge mileage by this configuration.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention is explained using drawing 1 - drawing 5. Drawing 1 is the fragmentary sectional view seen from the transverse-plane side of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[0019] In drawing 1, the stator 20 of a dynamo-electric machine 10 consists of a stator core 22, a stator winding 24 of the polyphase wound around this stator core 22, and housing 26 that carries out fixed maintenance of the stator core 22 at that inner skin. The rotator 30 consists of a rotor core 32, a permanent magnet 36 inserted in the permanent magnet insertion hole 34 prepared in the rotor core 32, and a shaft 38. The shaft 38 is held free [ rotation ] by bearings 42 and 44. Bearings 42 and 44 are supported with end brackets 46 and 48, and end brackets 46 and 48 are being fixed to the both ends of housing 26, respectively.

[0020] Moreover, the encoder E which detects the location of the magnetic pole position transducer PS which detects the location of the permanent magnet 36 of a rotator 30, and a

rotator 30 is arranged at the side-face side of a rotator 30. The operation control of the dynamo-electric machine 10 is carried out by the control unit later mentioned by drawing 3 with the signal of the magnetic pole position transducer PS, and the output signal of Encoder E.

[0021] Illustration of housing is omitted although drawing 2 is the sectional view of the A-A view of drawing 1. In drawing 2, the dynamo-electric machine 10 consists of a stator 20 and a rotator 30. A stator 20 consists of a stator core 22 and a stator winding 24. A stator core 22 is the configuration that consist of circular ring-like stator York 22A and stator magnetic pole 22B, and a stator winding 24 is intensively wound around stator magnetic pole 22B. Each coil 24 is the configuration of not sharing the magnetic path in an opening side. Since the die length of the end coil section can be shortened by considering as the stator structure which makes a stator winding a concentrated winding, the physique of a dynamo-electric machine can be made small. And in drawing 1, the coil section is a part into which the stator winding 24 has jumped out of right and left of a stator core 22, since this end coil section can be shortened, can shorten the die length of a dynamo-electric machine, and can be miniaturized.

[0022] U1+, U1-, U2+, and U2- are connected to U phase of a stator winding 24, respectively, V1+, V1-, V2+, and V2- are connected to V phase, respectively, and W1+, W1-, W2+, and W2- are connected to W phase, respectively.

[0023] The rotator 30 consists of four permanent magnets 36 with which the silicon steel of two or more sheets was inserted in four permanent magnet insertion holes 34 prepared in the rotor core 32 by which the laminating is carried out, and the rotor core 32 and shafts 38 which are high permeability magnetic materials. Ten permanent magnets 36 are arranged at equal intervals in the hoop direction of a rotor core 32 so that a polarity may become an opposite direction mutually.

[0024] The rotor core 32 has the structure where the permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced. The permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced, the laminating of the silicon steel is carried out, a permanent magnet 36 and a shaft 38 are inserted into the permanent magnet insertion hole 34 to penetrate and the hole which lets a shaft 38 pass, and a rotator 30 is constituted.

[0025] It will be divided into York section 32A by the side of inner circumference, and periphery section 32B if a rotor core 32 is divided into radial. Moreover, if periphery section 32B of a rotor core 32 is divided into two parts in a hoop direction, it will be divided into pole piece section 32 B-2 with the auxiliary magnetic pole section 32B1. The auxiliary magnetic pole section 32B1 is a field inserted into the \*\*\*\*\* permanent magnet insertion hole 34, and is a field which a magnetic magnetic circuit is bypassed [ field ] and generates direct magnetic flux in a stator side with the magnetomotive force of a stator. Pole piece section 32 B-2 is a field located in the periphery side of a permanent magnet 36 in periphery section 32B of a rotor core 32, and is a field which magnetic-flux Bphi from a permanent magnet 36 flows to a stator 20 side through a gap, and constitutes a magnetic circuit.

[0026] A permanent magnet 36 can be contained in the permanent magnet insertion hole 34 which had the hoop direction covered with the auxiliary magnetic pole section 32B1, and had the periphery covered with pole piece section 32 B-2, and can be used as the motor suitable for high-speed rotation.

[0027] Here, generally the concentrated-winding stator is used for the reluctance motor or the small brushless motor. In this case, it is the configuration which in the case of a reluctance motor a rotator is only an auxiliary magnetic pole and arranges a permanent magnet directly at a rotator outside surface in the case of a brushless motor. Therefore, in the case of a reluctance motor, pulsating torque is large, and torque is small to it.

[0028] On the other hand, in the case of the surface magnet rotator, field-weaking control was comparatively difficult, and it was that to which loss is generated and effectiveness is reduced according to the eddy current generated to a surface magnet.

[0029] By considering as the configuration which combined the rotator and concentrated-winding stator of an internal permanent magnet to it, both the torque by the magnetic flux of a permanent magnet and the torque by the reluctance component of an auxiliary magnetic pole can be utilized, and suppose that it is efficient. moreover — a field weakening is possible by the

effectiveness of an auxiliary magnetic pole like the after-mentioned — becoming — a operating range — especially, a operating range in a high-speed field can be markedly alike, and can make it large.

[0030] Furthermore, since the pole piece section is the magnetic substance, the pulsating magnetic flux of a stator magnetic pole can be eased. Moreover, since it is a layer-built iron core, eddy current loss is not generated.

[0031] In addition, in the example shown in drawing 2, the number  $M$  of magnetic poles of ten poles and a stator is considering [ the pole  $P$  of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] as the configuration of 12 poles with the motor configuration. the time of setting the pole of  $M$  and a rotator magnet to  $P$  for a stator magnetic pole —  $M:P = 6n:6n+2$  ( $n$  is a positive integer here) — efficient, since there is little torque pulsation and it can enlarge the utilization factor (winding factor) of a coil by considering as a configuration — suppose that it is lightweight small.

[0032] Although the example of a motor showed the above, the same thing is a thing needless to say also with a generator.

[0033] Next, the control unit which controls the permanent magnet dynamo-electric machine by this operation gestalt is explained using drawing 3. Drawing 3 is the circuit diagram of the control circuit of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[0034] Power is supplied to the stator winding 24 of a dynamo-electric machine 10 through an inverter 82 from DC power supply 80. A speed control circuit (ASR) 84 computes rate command  $\omega_{ref}$  and rate  $\omega$  to actual speed-difference  $\omega_{err}$  which are obtained from the positional information  $\theta$  from Encoder E through F/V converter 86, and outputs the angle of rotation  $\theta_1$  of the torque command  $I_s$ , i.e., a current command, and a rotator 30 to this by PI control ( $P$ : a proportional,  $I$ :integral term) etc.

[0035] According to the command of the angle of rotation  $\theta_1$  from a speed control circuit (ASR) 84, the phase shift circuit 88 carries out the phase shift of the pulse  $\theta$  from Encoder E, i.e., the positional information of a rotator, and outputs it. A sine wave and the cosine wave generator 90 generate the sinusoidal output which carried out the phase shift of the induced voltage of each coil (here three phase circuit) of a stator winding 24 based on the positional information  $\theta$  of the rotator by which the phase shift was carried out from the position transducer PS which detects the location of the permanent magnet magnetic pole of a rotator 30, and the phase shift circuit 88. The case of zero is sufficient as the amount of phase shifts.

[0036] The 2 phase-three-phase-circuit conversion circuit 92 outputs the current commands  $I_{sa}$ ,  $I_{sb}$ , and  $I_{sc}$  to each phase according to the current command  $I_s$  from a speed control circuit (ASR) 84, and the output of a sine wave and the cosine wave generator 90. Each phase has the current control systems (ACR) 94A, 94B, and 94C for each individual, respectively, sends the signal according to the current detecting signals  $I_{fa}$ ,  $I_{fb}$ , and  $I_{fc}$  from the current commands  $I_{sa}$ ,  $I_{sb}$ , and  $I_{sc}$  and the current detector CT to an inverter 82, and controls each phase current. In this case, the current of each phase composition is always formed in a right angle or the location which carried out the phase shift at field magnetic flux, and by this, it is a non-commutator and it can acquire a property equivalent to a direct current machine.

[0037] Here, in applying to an electrical machinery automobile, a control unit has not the speed control circuit 84 but the torque control system which controls direct torque. That is, it changes to a speed control circuit 84, and a torque control circuit is used. A torque control circuit computes Torque  $T_e$  as an input signal from Torque  $T_s$  and the actual torque  $T_f$  acquired by the torque detector, and outputs the angle of rotation  $\theta_1$  of the torque command  $I_s$ , i.e., a current command, and a rotator 30 to this by PI control ( $P$ : a proportional,  $I$ :integral term) etc.

[0038] In a permanent magnet dynamo-electric machine, since it is proportional to a current directly, torque is arranged instead of a speed control circuit 84 in a current control system.

[0039] It is a three-phase-circuit stator winding, and  $U1+$ ,  $U1-$ ,  $U2+$ , and  $U2-$  are connected in order of illustration,  $V1+$ ,  $V1-$ ,  $V2+$ , and  $V2-$  are connected to V phase in order of illustration, and the connection of a stator winding 24 is connected to W phase at it at U phase in order of illustration of  $W1+$ ,  $W1-$ ,  $W2+$ , and  $W2-$ . Here, between  $W1-$  and  $W2+$ , it has [ V phase ] the

phase contrast of 30 degrees with the coil which constitutes each phase, for example, U phase, by the electrical angle between W1+ and W2- between V1- and V2+ between V1+ and V2- between U1- and U2+ between U1+ and U2- at W phase. That is, as shown in drawing 1, to the include angle theta 1 between stator magnetic pole U1+ and U2-, it has the include angle theta 2 of the \*\*\*\*\* permanent magnet 36 of a rotator 30, and has the phase contrast of 30 degrees by the electrical angle. Thus, in the stator magnetic pole around which the stator winding connected to the same phase is wound, at least one differ in a phase to a permanent magnet. For example, if the stator magnet around which U1- is wound, and the stator magnet around which U2+ is wound are seen, when permanent magnet 36A will consider as an inphase to U1-, to permanent magnet 36B, phases differ 30 degrees. The pulsating torque which poses a problem in the stator of a concentrated winding by this is mitigated. About this reason, it mentions later using drawing 4.

[0040] In a concentration volume, as shown in drawing 1, it is made a configuration in which each coil does not carry out a lap in respect of an opening. By this, the mutual intervention between each coil is lost, is a small light weight and, moreover, can also simplify a configuration.

[0041] Moreover, connection becomes easy by choosing a \*\*\*\*\* coil as an inphase like illustration. That is, in U phase, U1+ and U2- get down as \*\*\*\*\*, and U1- and U2+ are as \*\*\*\*\*. Moreover, in V phase, V1+ and V2- get down as \*\*\*\*\*, and V1- and V2+ are as \*\*\*\*\*. Since similarly W1+ and W2- get down as \*\*\*\*\* in W phase and W1- and W2+ are as \*\*\*\*\*, connection becomes easy.

[0042] Next, the reason which torque pulsation reduces is explained using drawing 4. Drawing 4 is an explanatory view of torque generated with the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[0043] Drawing 4 (a) shows the torque generated when sinusoidal current is added to each stator winding of U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, and W1- based on the signal from the sine and the cosine generating circuit 90 shown in drawing 3. If harmonic content is not included, it becomes uniform torque, but since a part for a part for the higher harmonic of a permanent magnet and the higher harmonic by the auxiliary magnetic pole etc. is contained, the torque pulsation which makes 60 degrees a period by the electrical angle is generated like illustration.

[0044] Drawing 4 (b) shows the torque generated when sinusoidal current is added to each stator winding of U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, and W2-. The same with having been shown in drawing 4 (a), since a part for a part for the higher harmonic of a permanent magnet and the higher harmonic by the auxiliary magnetic pole etc. is contained, the torque pulsation which makes 60 degrees a period by the electrical angle is generated like illustration.

[0045] Stator magnetic pole 22B around which U1+ of a stator winding 24, U1-, V1+, V1-, W1+, and W1- are wound here, Since stator magnetic pole 22 B-2 around which U2- of a stator winding 24, V2+, V2-, W2+, and W2- are wound has the phase contrast of 30 degrees by the electrical angle, pulsation of generating torque serves as opposition.

[0046] Therefore, as shown in drawing 4 (c), the torque by which drawing 4 (a) and drawing 4 (b) were compounded becomes what reduced pulsating torque.

[0047] In drawing 2, in the ratio of the permanent magnet pole M and the number P of stator magnetic poles, in the example of 10:12, the cogging torque of a permanent magnet dynamo-electric machine serves as the least common multiple of a permanent magnet pole and the number of stator magnetic poles, and serves as pulsation of 60/rotation here. Generally, cogging torque becomes so small that the number of pulsation / rotation becomes large.

[0048] It is M when it converts into M= permanent magnet pole 10 pole which the ratio of the permanent magnet pole M and the number P of stator magnetic poles is 2:3 in a concentrated-winding stator in the former to a certain general surface magnet rotator, and showed the permanent magnet pole M= 2 to drawing 2 here :P = it is equivalent to 10:15. In this case, the number of pulsation / rotation of cogging torque are the least common multiples of 10 and 15, and is set to 30. Therefore, the direction depended on this operation gestalt can make cogging torque small.

[0049] Moreover, therefore the principle of reduction of the pulsating torque at the time of current energization shown by drawing 4 is also small, and it can be carried out.



[0050] Next, the principle of operation by the field-weaking control of the permanent magnet dynamo-electric machine by this operation gestalt is explained using drawing 5. Drawing 5 is the principle-of-operation Fig. of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[0051] Generally the generating torque  $T$  of a permanent magnet dynamo-electric machine is expressed with a degree type.

[0052]

$T = [E_0, I_q + (X_q - X_d) \text{ and } I_d - I_q] / \omega$  — here —  $E_0$  — in  $d$  shaft reactance and  $I_d$ ,  $d$  shaft current and  $I_q$  express  $q$  shaft current, and  $\omega$  expresses [ induced voltage and  $X_q / q$  shaft reactance and  $X_d$  ] the angular rate of rotation.

[0053] As shown in drawing 5 (a), a permanent magnet 36 is arranged at  $d$  shaft, and the location of the auxiliary magnetic pole section 32B1 which has permeability higher than a permanent magnet is arranged at  $q$  shaft. In this case, each vector is expressed with drawing 5 (a). Here, it is  $d$  shaft current. — The current  $I_m$  which is composition of  $I_d$  and the  $q$  shaft current  $I_q$  is controlled by the current commands  $I_{sa}$ ,  $I_{sb}$ , and  $I_{sc}$  of a control circuit and the magnetic pole position transducer PS of a motor which were shown in drawing 3, count of the output location of Encoder E, etc. by the location of illustration.

[0054] In an upper type, the first term is a component by the permanent magnet, and the second term is a component by the auxiliary magnetic pole section 32B1 of a reluctance component.

[0055] It is necessary to control especially by the driving motor for electric vehicles to make the torque/current of a motor into max at the time of a low speed. Drawing 5 (a) shows the vector diagram at the time of controlling to make torque and a current into max. Here, it controls so that \*\*\*\* magnetomotive force is applied to the auxiliary magnetic pole 32B1, and it becomes the control which also fully utilized the reluctance torque which the auxiliary magnetic pole 32B1 of the 2nd term depends with the torque by the permanent magnet of the 1st term of an upper type.

[0056] Torque is good at least, in order to weaken the magnetic flux of a permanent magnet 36 rather, it enlarges  $I_d$  component, negates a permanent magnet  $E_0$  by  $X_d - I_d$ , and enables it to rotate it to a high-speed field in a high-speed field on the other hand. Drawing 5 (b) shows the vector diagram at the time of a high speed.

[0057] Control of the above currents  $I_d$  and  $I_q$  is performed by the phase shift circuit 88 of the control circuit of drawing 3.

[0058] In drawing 5 (c), the broken line T2 shows the torque generated with the conventional surface magnet dynamo-electric machine, and the torque in a high-speed field is falling. Since the control which mentioned the continuous line T1 above to it shows the relation of the rate torque of the permanent magnet dynamo-electric machine by this operation gestalt and a current becomes easy to flow as compared with the conventional surface magnet dynamo-electric machine, it becomes possible to operate to a high-speed field.

[0059] According to this operation gestalt, by considering as a concentrated-winding stator, the end coil section of a stator can be shortened and a dynamo-electric machine can be miniaturized.

[0060] Moreover, the pulsating torque from which the stator magnetic pole around which the stator winding connected to the same phase is wound poses a problem in the stator of a concentrated winding since phases differ [ at least one ] to a permanent magnet is mitigated.

[0061] Moreover, by considering as the permanent magnet rotator which has an auxiliary magnetic pole, it has the composition of being suitable for field-weaking control, and can consider as the dynamo-electric machine suitable for high-speed rotation.

[0062] Moreover, between permanent magnets, since the auxiliary magnetic pole section which consists of a magnetic material which has permeability higher than a permanent magnet has been arranged, torque to generate can be enlarged.

[0063] Moreover, it becomes a thing suitable for high-speed rotation by considering the perimeter of a permanent magnet as a wrap configuration with silicon steel.

[0064] Next, the permanent magnet dynamo-electric machine by other operation gestalten of this invention is explained using drawing 6. Drawing 6 is the sectional view of the permanent

magnet dynamo-electric machine by other operation gestalten of this invention.

[0065] The point by which it is characterized [ of this operation gestalt ] is a motor configuration, and the number M of magnetic poles of ten poles and a stator is considering [ the pole P of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] it as the configuration of nine poles. the time of setting the pole of M and a rotator magnet to P for a stator magnetic pole —  $M:P = 3n:3n+1$  (n is a positive integer here) — there is little torque pulsation by considering as a configuration, and since the utilization factor (winding factor) of a coil can be enlarged, they are efficient and the thing which can be made lightweight small.

[0066] In drawing 6, the dynamo-electric machine 10 consists of a stator 20 and a rotator 30. A stator 20 consists of a stator core 22 and a stator winding 24. A stator core 22 is the configuration that consist of circular ring-like stator York 22A and stator magnetic pole 22B, and a stator winding 24 is intensively wound around stator magnetic pole 22B. Each coil 24 is the configuration of not sharing the magnetic path in an opening side. Since the die length of the end coil section can be shortened by considering as the stator structure which makes a stator winding a concentrated winding, the physique of a dynamo-electric machine can be made small.

[0067] U1+, U1-, and U2+ are connected to U phase of a stator winding 24, respectively, V1+, V1-, and V2+ are connected to V phase, respectively, and W1+, W1-, and W2+ are connected to W phase, respectively.

[0068] The rotator 30 consists of four permanent magnets 36 with which the silicon steel of two or more sheets was inserted in four permanent magnet insertion holes 34 prepared in the rotor core 32 by which the laminating is carried out, and the rotor core 32 and shafts 38 which are high permeability magnetic materials. Ten permanent magnets 36 are arranged at equal intervals in the hoop direction of a rotor core 32 so that a polarity may become an opposite direction mutually.

[0069] The rotor core 32 has the structure where the permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced. The permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced, the laminating of the silicon steel is carried out, a permanent magnet 36 and a shaft 38 are inserted into the permanent magnet insertion hole 34 to penetrate and the hole which lets a shaft 38 pass, and a rotator 30 is constituted.

[0070] It will be divided into York section 32A by the side of inner circumference, and periphery section 32B if a rotor core 32 is divided into radial. Moreover, if periphery section 32B of a rotor core 32 is divided into two parts in a hoop direction, it will be divided into pole piece section 32 B-2 with the auxiliary magnetic pole section 32B1. The auxiliary magnetic pole section 32B1 is a field inserted into the ~~\*\*\*\*\*~~ permanent magnet insertion hole 34, and is a field which a magnetic magnetic circuit is bypassed [ field ] and generates direct magnetic flux in a stator side with the magnetomotive force of a stator. Pole piece section 32 B-2 is a field located in the periphery side of a permanent magnet 36 in periphery section 32B of a rotor core 32, and is a field which magnetic-flux Bphi from a permanent magnet 36 flows to a stator 20 side through a gap, and constitutes a magnetic circuit.

[0071] A permanent magnet 36 can be contained in the permanent magnet insertion hole 34 which had the hoop direction covered with the auxiliary magnetic pole section 32B1, and had the periphery covered with pole piece section 32 B-2, and can be used as the motor suitable for high-speed rotation.

[0072] Furthermore, since the pole piece section is the magnetic substance, the pulsating magnetic flux of a stator magnetic pole can be eased. Moreover, since it is a layer-built iron core, eddy current loss is not generated.

[0073] In this example, the number M of magnetic poles of ten poles and a stator is considering [ the pole P of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] as the configuration of nine poles with the motor configuration, the time of setting the pole of M and a rotator magnet to P for a stator magnetic pole —  $M:P = 3n:3n+1$  (n is a positive integer here) — efficient, since there is little torque pulsation and it can enlarge the utilization factor (winding factor) of a coil by considering as a configuration — suppose that it is lightweight small.

[0074] It is a three-phase-circuit stator winding, and U1+, U1-, and U2+ are connected in order of illustration, V1+, V1-, and V2+ are connected to V phase in order of illustration, and the

connection of a stator winding 24 is connected to W phase in order of illustration of W1+, W1-, and W2+ at it at U phase. Here, between W1- and W2+, it has [ V phase ] the phase contrast of 20 degrees with the coil which constitutes each phase, for example, U phase, by the electrical angle between W1+ and W1- between V1- and V2+ between V1+ and V1- between U1- and U2+ between U1+ and U1- at W phase. Thus, in the stator magnetic pole around which the stator winding connected to the same phase is wound, at least one differ in a phase to a permanent magnet. For example, if the stator magnet around which U1- is wound, and the stator magnet around which U2+ is wound are seen, when permanent magnet 36A will consider as an inphase to U1-, to permanent magnet 36B, phases differ 20 degrees. The pulsating torque which poses a problem in the stator of a concentrated winding by this is mitigated.

[0075] Moreover, the electric include angle of adjacent stator magnetic pole 22B turns into  $180 \times (10/9) = 200$  degree, and considering phase contrast, it turns into 20 degrees. The cogging torque of a permanent magnet dynamo-electric machine serves as pulsation of 90-/rotation the least common multiple of a permanent magnet pole and the number of stator magnetic poles, and here.

[0076] As the ratio of the permanent magnet pole M and the number P of stator magnetic poles which were shown in drawing 2 was mentioned above in the example of 10:12 on the other hand, the cogging torque of a permanent magnet dynamo-electric machine serves as pulsation of 60/rotation. Therefore, with this operation gestalt, cogging torque can be made still smaller.

[0077] Although the example of a motor showed the above, the same thing is a thing needless to say also with a generator.

[0078] According to this operation gestalt, by considering as a concentrated-winding stator, the end coil section of a stator can be shortened and a dynamo-electric machine can be miniaturized.

[0079] Moreover, the pulsating torque from which the stator magnetic pole around which the stator winding connected to the same phase is wound poses a problem in the stator of a concentrated winding since phases differ [ at least one ] to a permanent magnet is mitigated.

[0080] Moreover, cogging torque can be reduced further.

[0081] Moreover, by considering as the permanent magnet rotator which has an auxiliary magnetic pole, it has the composition of being suitable for field-weaking control, and can consider as the dynamo-electric machine suitable for high-speed rotation.

[0082] Moreover, between permanent magnets, since the auxiliary magnetic pole section which consists of a magnetic material which has permeability higher than a permanent magnet has been arranged, torque to generate can be enlarged.

[0083] Moreover, it becomes a thing suitable for high-speed rotation by considering the perimeter of a permanent magnet as a wrap configuration with silicon steel.

[0084] Next, the permanent magnet dynamo-electric machine by the 3rd operation gestalt of this invention is explained using drawing 7. Drawing 7 is the sectional view of the permanent magnet dynamo-electric machine by the 3rd operation gestalt of this invention.

[0085] The point by which it is characterized [ of this operation gestalt ] is a motor configuration, and the number M of magnetic poles of 12 poles and a stator is considering [ the pole P of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] it as the configuration of eight poles. Since the utilization factor (winding factor) of a coil can be enlarged by considering as this configuration, they are efficient and the thing which can be made lightweight small.

[0086] In drawing 7, the dynamo-electric machine 10 consists of a stator 20 and a rotator 30. A stator 20 consists of a stator core 22 and a stator winding 24. A stator core 22 is the configuration that consist of circular ring-like stator York 22A and stator magnetic pole 22B, and a stator winding 24 is intensively wound around stator magnetic pole 22B. Each coil 24 is the configuration of not sharing the magnetic path in an opening side. Since the die length of the end coil section can be shortened by considering as the stator structure which makes a stator winding a concentrated winding, the physique of a dynamo-electric machine can be made small.

[0087] U1, U2, U3, and U4 are connected to U phase of a stator winding 24, respectively, V1, V2, V3, and V4 are connected to V phase, respectively, and W1, W2, W3, and W4 are connected to W phase, respectively.

[0088] The rotator 30 consists of four permanent magnets 36 with which the silicon steel of two or more sheets was inserted in four permanent magnet insertion holes 34 prepared in the rotor core 32 by which the laminating is carried out, and the rotor core 32 and shafts 38 which are high permeability magnetic materials. Ten permanent magnets 36 are arranged at equal intervals in the hoop direction of a rotor core 32 so that a polarity may become an opposite direction mutually.

[0089] The rotor core 32 has the structure where the permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced. The permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced, the laminating of the silicon steel is carried out, a permanent magnet 36 and a shaft 38 are inserted into the permanent magnet insertion hole 34 to penetrate and the hole which lets a shaft 38 pass, and a rotator 30 is constituted.

[0090] It will be divided into York section 32A by the side of inner circumference, and periphery section 32B if a rotor core 32 is divided into radial. Moreover, if periphery section 32B of a rotor core 32 is divided into two parts in a hoop direction, it will be divided into pole piece section 32 B-2 with the auxiliary magnetic pole section 32B1. The auxiliary magnetic pole section 32B1 is a field inserted into the \*\*\*\*\* permanent magnet insertion hole 34, and is a field which a magnetic magnetic circuit is bypassed [ field ] and generates direct magnetic flux in a stator side with the magnetomotive force of a stator. Pole piece section 32 B-2 is a field located in the periphery side of a permanent magnet 36 in periphery section 32B of a rotor core 32, and is a field which magnetic flux  $B_{phi}$  from a permanent magnet 36 flows to a stator 20 side through a gap, and constitutes a magnetic circuit.

[0091] A permanent magnet 36 can be contained in the permanent magnet insertion hole 34 which had the hoop direction covered with the auxiliary magnetic pole section 32B1, and had the periphery covered with pole piece section 32 B-2, and can be used as the motor suitable for high-speed rotation.

[0092] Furthermore, since the pole piece section is the magnetic substance, the pulsating magnetic flux of a stator magnetic pole can be eased. Moreover, since it is a layer-built iron core, eddy current loss is not generated.

[0093] In this example, the number M of magnetic poles of 12 poles and a stator is considering [ the pole P of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] as the configuration of eight poles with the motor configuration. Since the utilization factor (winding factor) of a coil can be enlarged by considering as this configuration, it can consider as efficient and a small light weight.

[0094] It is a three-phase-circuit stator winding, and U1, U2, U3, and U4 are connected in order of illustration, V1, V2, V3, and V4 are connected to V phase in order of illustration, and the connection of a stator winding 24 is connected to W phase at it at U phase in order of illustration of W1, W2, W3, and W4. Here, between the coils which constitute U phases each, V phase, and W phase, it has the phase contrast of 60 degrees by the electrical angle.

[0095] the stator magnetic pole around which the stator winding connected to the same phase in this example is wound — a permanent magnet — receiving — an inphase — becoming — \*\*\*\* — the reduction 7 of torque pulsation — although it cannot carry out, since the same phase has composition arranged at the symmetry, balance has good structure. namely, — if it sees about U phase — every — U1, and U2, U3 and U4 are point symmetry focusing on the shaft 38.

[0096] Although the example of a motor showed the above, the same thing is a thing needless to say also with a generator.

[0097] According to this operation gestalt, by considering as a concentrated-winding stator, the end coil section of a stator can be shortened and a dynamo-electric machine can be miniaturized.

[0098] Moreover, by considering as the permanent magnet rotator which has an auxiliary magnetic pole, it has the composition of being suitable for field-weaking control, and can consider as the dynamo-electric machine suitable for high-speed rotation.

[0099] Moreover, between permanent magnets, since the auxiliary magnetic pole section which consists of a magnetic material which has permeability higher than a permanent magnet has been arranged, torque to generate can be enlarged.

[0100] Moreover, it becomes a thing suitable for high-speed rotation by considering the perimeter of a permanent magnet as a wrap configuration with silicon steel.

[0101] Next, the permanent magnet dynamo-electric machine by the 4th operation gestalt of this invention is explained using drawing 8. Drawing 8 is the sectional view of the permanent magnet dynamo-electric machine by the 4th operation gestalt of this invention.

[0102] The point by which it is characterized [ of this operation gestalt ] is a motor configuration, and the number M of magnetic poles of 12 poles and a stator is considering [ the pole P of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] it as the configuration of eight poles. Since the utilization factor (winding factor) of a coil can be enlarged by considering as this configuration, they are efficient and the thing which can be made lightweight small.

[0103] Moreover, it is made to make magnetic-flux distribution by making the pole piece section of a rotator into the configuration made to project to the magnetic pole side of a stator into the shape of a sine wave.

[0104] In drawing 8, the dynamo-electric machine 10 consists of a stator 20 and a rotator 30. A stator 20 consists of a stator core 22 and a stator winding 24. A stator core 22 is the configuration that consist of circular ring-like stator York 22A and stator magnetic pole 22B, and a stator winding 24 is intensively wound around stator magnetic pole 22B. Each coil 24 is the configuration of not sharing the magnetic path in an opening side. Since the die length of the end coil section can be shortened by considering as the stator structure which makes a stator winding a concentrated winding, the physique of a dynamo-electric machine can be made small.

[0105] U1, U2, U3, and U4 are connected to U phase of a stator winding 24, respectively, V1, V2, V3, and V4 are connected to V phase, respectively, and W1, W2, W3, and W4 are connected to W phase, respectively.

[0106] The rotator 30 consists of four permanent magnets 36 with which the silicon steel of two or more sheets was inserted in four permanent magnet insertion holes 34 prepared in the rotor core 32 by which the laminating is carried out, and the rotor core 32 and shafts 38 which are high permeability magnetic materials. Ten permanent magnets 36 are arranged at equal intervals in the hoop direction of a rotor core 32 so that a polarity may become an opposite direction mutually.

[0107] The rotor core 32 has the structure where the permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced. The permanent magnet insertion hole 34 and the hole which lets a shaft 38 pass are pierced, the laminating of the silicon steel is carried out, a permanent magnet 36 and a shaft 38 are inserted into the permanent magnet insertion hole 34 to penetrate and the hole which lets a shaft 38 pass, and a rotator 30 is constituted.

[0108] It will be divided into York section 32A by the side of inner circumference, and pole piece section 32 B-2 which is a periphery side and is located in the periphery of a permanent magnet 36 if a rotor core 32 is divided into radial. Pole piece section 32 B-2 is a field where magnetic-flux Bphi from a permanent magnet 36 flows to a stator 20 side through a gap, and constitutes a magnetic circuit, and makes magnetic-flux distribution the shape of a sine wave here by considering as the configuration which makes the pole piece section of a rotator project to the magnetic pole 22B side of a stator.

[0109] A permanent magnet 36 can be contained in the permanent magnet insertion hole 34 which had the hoop direction covered with the auxiliary magnetic pole section 32B1, and had the periphery covered with pole piece section 32 B-2, and can be used as the motor suitable for high-speed rotation.

[0110] Furthermore, since the pole piece section is the magnetic substance, the pulsating magnetic flux of a stator magnetic pole can be eased. Moreover, since it is a layer-built iron core, eddy current loss is not generated.

[0111] In this example, the number M of magnetic poles of 12 poles and a stator is considering [ the pole P of a three phase circuit and the permanent magnet rotator 36 ] as the configuration of eight poles with the motor configuration. Since the utilization factor (winding factor) of a coil can be enlarged by considering as this configuration, it can consider as efficient and a small light weight.

[0112] It is a three-phase-circuit stator winding, and U1, U2, U3, and U4 are connected in order

of illustration, V1, V2, V3, and V4 are connected to V phase in order of illustration, and the connection of a stator winding 24 is connected to W phase at it at U phase in order of illustration of W1, W2, W3, and W4. Here, between the coils which constitute U phases each, V phase, and W phase, it has the phase contrast of 60 degrees by the electrical angle.

[0113] the stator magnetic pole around which the stator winding connected to the same phase in this example is wound — a permanent magnet — receiving — an inphase — becoming — \*\*\* — the reduction 7 of torque pulsation — although it cannot carry out, since the same phase has composition arranged at the symmetry, balance has good structure. namely, — if it sees about U phase — every — U1, and U2, U3 and U4 are point symmetry focusing on the shaft 38.

[0114] Although the example of a motor showed the above, the same thing is a thing needless to say also with a generator.

[0115] According to this operation gestalt, by considering as a concentrated-winding stator, the end coil section of a stator can be shortened and a dynamo-electric machine can be miniaturized.

[0116] Moreover, by considering as a permanent magnet rotator, it has the composition of being suitable for field-weaking control, and can consider as the dynamo-electric machine suitable for high-speed rotation.

[0117] Moreover, it becomes a thing suitable for high-speed rotation by considering the perimeter of a permanent magnet as a wrap configuration with silicon steel.

[0118] As mentioned above, in each operation gestalt, although the method which performs sine wave-like control [ current ] was described to the location of a rotator as a control system, it is needless to say that it is applicable 120 degrees which does not perform current control with the brushless-motor method of an energization mold.

[0119] Moreover, in the above explanation, although the motor of an introvert form showed, it is applicable also to an abduction mold and a generator, or a linear motor.

[0120] Next, the electric vehicle using the permanent magnet dynamo-electric machine by the 5th operation gestalt of this invention is explained using drawing 9. Drawing 9 is the block block diagram of the electric vehicle carrying the permanent magnet dynamo-electric machine by the 5th operation gestalt of this invention.

[0121] The car body 100 of an electric vehicle is supported by four wheels 110,112,114,116. Since this electric vehicle is a front-wheel drive, the permanent magnet dynamo-electric machine 120 links it with the front axle 154 directly, and it is attached in it. The configuration of the permanent magnet dynamo-electric machine 120 has composition as shown in drawing 2, drawing 6, drawing 7, and drawing 8. As for the permanent magnet dynamo-electric machine 120, driving torque is controlled by the control unit 130. As a source of power of a control device 130, it has a dc-battery 140, power is supplied to the permanent magnet dynamo-electric machine 120 through a control device 130 from this dc-battery 140, the permanent magnet dynamo-electric machine 120 drives, and a wheel 110,114 rotates. Rotation of a handle 150 is transmitted to two wheels 110,114 through the transfer device which consists of steering gear 152 and a tie rod, a steering knuckle arm, etc., and the include angle of a wheel is changed.

[0122] In addition, although the above example explained as what uses a permanent magnet dynamo-electric machine for the drive of the wheel of an electric vehicle, it can be used also for the drive of wheels, such as electric locomotive.

[0123] If a permanent magnet dynamo-electric machine is applied to an electric car, especially an electric vehicle according to this operation gestalt, a small efficient lightweight permanent magnet dynamo-electric machine driving gear can be carried, and the electric vehicle where 1 charge mileage is long can be offered.

[0124]

[Effect of the Invention] According to this invention, it is suitable for a high speed, and while it is efficient and a permanent magnet dynamo-electric machine is made into a small light weight, the 1 charge mileage of an electric car is long, and it can be carried out.

[Translation done.]

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

OCT 26 2006

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the fragmentary sectional view seen from the transverse-plane side of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] The A-A cross section of drawing 1 is shown, and it is the sectional view of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the circuit diagram of the control circuit of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is the explanatory view of torque generated with the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is the principle-of-operation Fig. of the permanent magnet dynamo-electric machine by 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view of the permanent magnet dynamo-electric machine by other operation gestalten of this invention.

[Drawing 7] It is the sectional view of the permanent magnet dynamo-electric machine by the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is the sectional view of the permanent magnet dynamo-electric machine by the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] It is the block block diagram of the electric vehicle carrying the permanent magnet dynamo-electric machine by the 5th operation gestalt of this invention.

## [Description of Notations]

10 — Permanent magnet dynamo-electric machine

20 — Stator

22 — Stator core

22A — Stator York

22B — Stator magnetic pole

24 — Stator winding

26 — Housing

30 — Rotator

32 — Rotor core

32A — York

32B — Periphery section

32B1 — Auxiliary magnetic pole section

32 B-2s — Pole piece section

34 — Permanent magnet insertion hole

36 — Permanent magnet

38 — Shaft

39 — Vent

46 48 — End bracket

42 44 — Bearing

80 — DC power supply

82 — Inverter

84 — Speed control circuit  
86 — F/V converter  
88 — Phase shift circuit  
92 — 2 phase-three-phase-circuit conversion circuit  
90 — A sine wave and cosine wave generator  
94A, 94B, 94C — Current control system  
100 — Car body  
110,112,114,116 — Wheel  
130 — Control unit  
140 — Dc-battery  
150 — Handle  
152 — Steering gear  
154 — Axle  
PS — Position transducer  
E — Encoder  
CT — Current detector

[Translation done.]



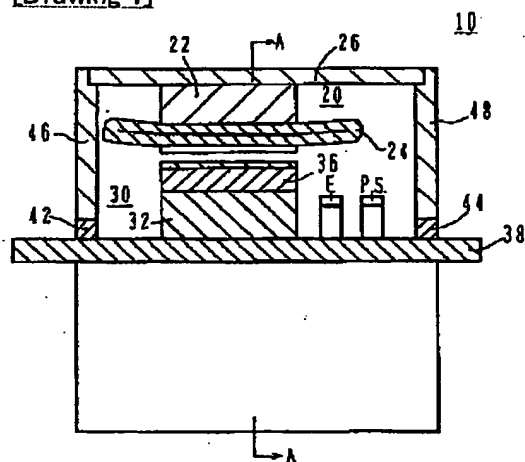
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

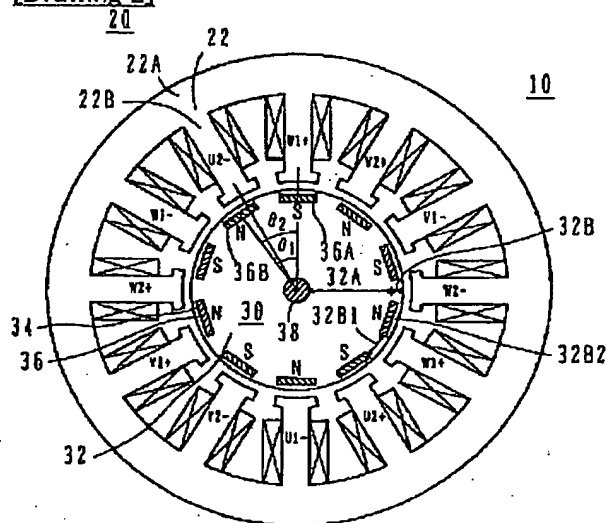
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

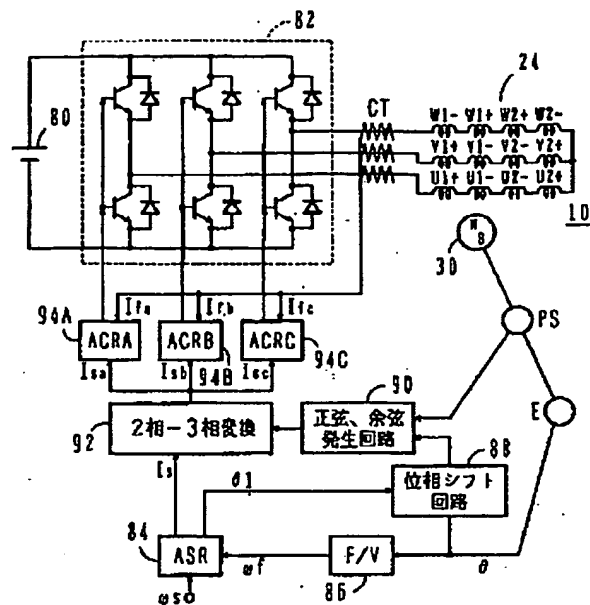


[Drawing 2]

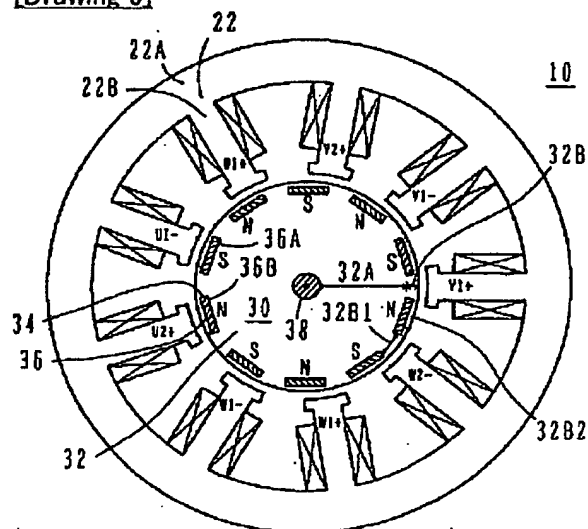


20: 固定子  
22: 固定鉄心  
24: 固定子巻線  
30: 回転子  
32B1:  
36: 永久磁石

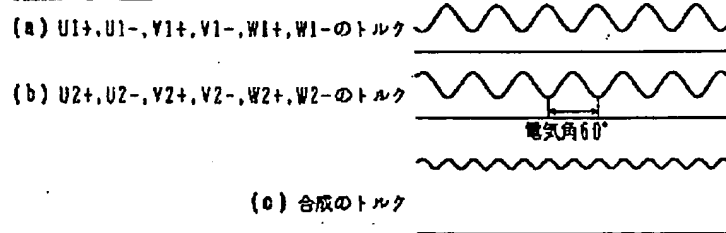
[Drawing 3]



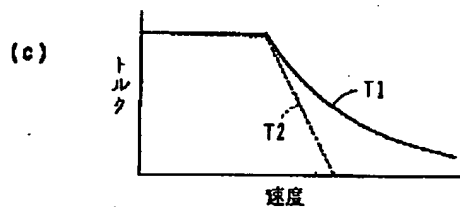
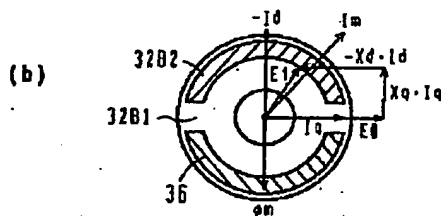
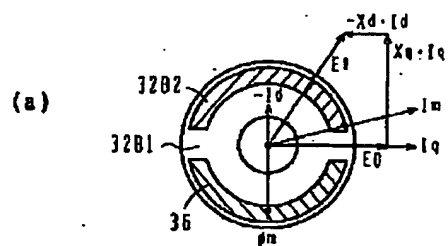
[Drawing 6]



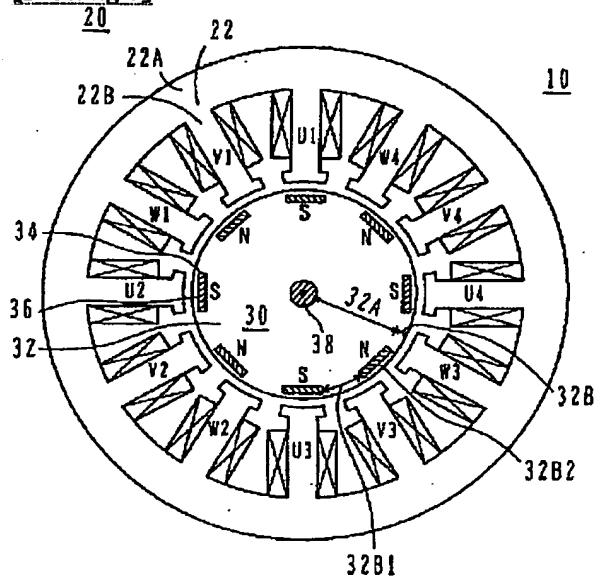
[Drawing 4]



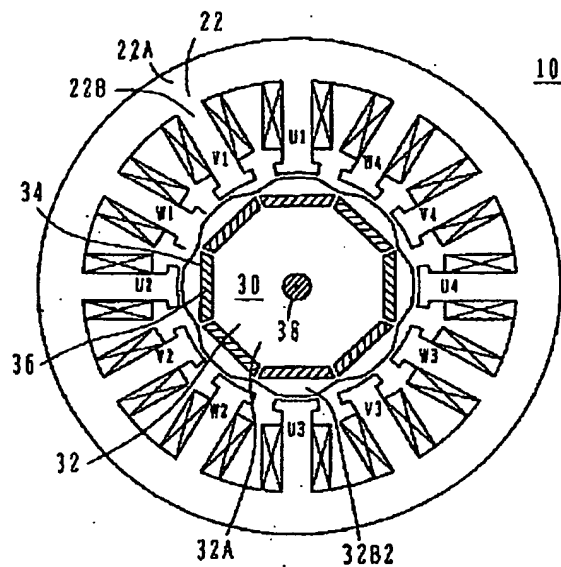
[Drawing 5]



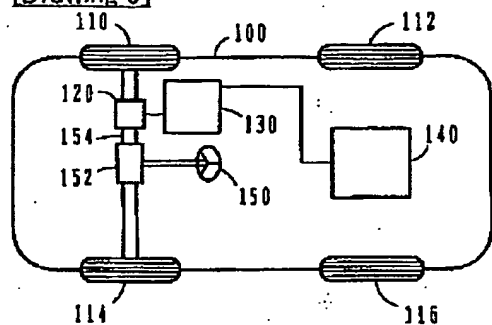
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

RECEIVED  
CENTRAL FAX CENTER

OCT 26 2006

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-285088

(43)公開日 平成9年(1997)10月31日

(51)Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 21/16			H 0 2 K 21/16	M

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-91014

(22)出願日 平成8年(1996)4月12日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000232999

株式会社日立カーエンジニアリング

312 茨城県ひたちなか市高場2477番地

(72)発明者 田島 文男

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 松延 豊

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 春日 謙

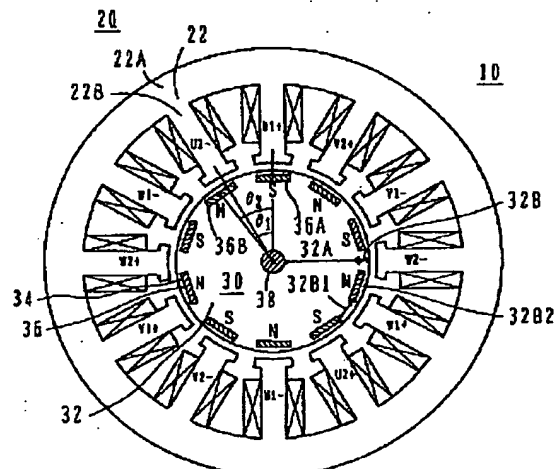
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、高速に適し、高効率であるとともに、小型軽量の永久磁石回転電機を提供し、また、かかる永久磁石回転電機を使用することにより、一充電走行距離の長い電動車両を提供するにある。

【解決手段】回転電機10は、固定子巻線24を巻回した固定子鉄心22を有する固定子20と、固定子20の内周に回転可能に保持され、回転子鉄心32とこの回転子鉄心32の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石36を有する回転子30とから構成されている。ここで、固定子巻線24は、固定子20の磁極22Bに集中的に巻回されている。



20:固定子  
22:固定鉄心  
24:固定子巻線  
30:回転子  
32:回転子鉄心  
36:永久磁石

Best Available Copy

(2)

特開平9-285088

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、

この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機において、上記固定子巻線は、上記固定子の磁極に集中的に巻回されていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項2】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、上記複数の永久磁石の間に、上記永久磁石より高い透磁率を有する磁性材料を配置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項3】 請求項2記載の永久磁石回転電機において、同一の相に接続される上記固定子巻線の巻回される固定子磁極は、上記回転子に対して、少なくとも一つは位相が異なることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項4】 請求項3記載の永久磁石回転電機において、上記固定子磁極の極数をMとし、上記回転子の永久磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=6n:6n\pm2$  ( $n$ :正の整数)としたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項5】 請求項3記載の永久磁石回転電機において、上記固定子磁極の極数をMとし、上記回転子の永久磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=3n:3n\pm1$  ( $n$ :正の整数)としたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項6】 請求項1記載の永久磁石回転電機において、上記回転子の極数を、8極以上としたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項7】 固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機を備え、この永久磁石回転電機により車輪の駆動される永久磁石回転電機を用いた電動車両において、上記固定子巻線は、上記固定子の磁極に集中的に巻回されていることを特徴とする永久磁石回転電機を用いた電動車両。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石回転電機及びそれを用いた電動車両に係り、特に、内部磁石型回転電機に好適な永久磁石回転電機及びそれを用いた電動

車両に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電動車両、特に、電気自動車において使用される駆動電動機は、電気自動車として積載されるバッテリーの量が限定され、かつ、そのバッテリー容量で十分な充電走行距離を確保することが必要なために、小型軽量、高効率であることが望まれている。

【0003】電動機を小型軽量化するためには、高速回転に適していることが要望される。また、高効率電動機としては、直流電動機や誘導電動機よりも永久磁石電動機が推奨できる。

【0004】永久磁石回転子には、永久磁石を回転子の外周に配置する表面磁石回転子と、永久磁石よりも高い透磁率を有する、例えば、珪素鋼板の中に永久磁石保持部を有する、いわゆる内部磁石回転子とがある。

【0005】表面磁石永久磁石電動機は、磁石磁束のため制御が簡単であることや、固定子巻線の反作用磁束の影響が弱いため低騒音にできる反面、高速回転のためには磁石の補強が必要であること、弱め界磁制御が困難であるため、速度制御範囲が狭く、高速低負荷時の効率が低いこと等の欠点を有していた。

【0006】一方、内部磁石永久磁石電動機は、表面磁石回転子と反対に、弱め界磁制御によって高速まで運転できる点、弱め界磁制御によって高速低負荷時を高効率にできる点、磁石外周の磁性体の磁極片部によって高速時まで回転可能である点、リラクタンストルクを利用できる等の利点を有している。

【0007】内部永久磁石回転電機としては、例えば、特開平5-219669号公報や特開平7-39091号公報の図5に記載のものが知られている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の内部永久磁石回転電機において、電動車両等に用いることができる大型回転電機では、その固定子の構造としては、分布巻固定子が採用されている。

【0009】しかしながら、分布巻固定子は、固定子の巻線のエンド部が長くなるため、回転電機本体の大きさを小型化するには限界があるという問題があった。特に、電動車両に用いる回転電機においては、高速に適し、高効率であることが要求されるとともに、さらに、小型軽量であることが要求されている。

【0010】本発明の目的は、高速に適し、高効率であるとともに、小型軽量な永久磁石回転電機を提供し、また、かかる永久磁石回転電機を使用することにより、一充電走行距離の長い電動車両を提供するにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部

(3)

特開平9-285088

3

4

に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機において、上記固定子巻線は、上記固定子の磁極に集中的に巻回するようにしたものであり、かかる構成により、回転電機を小型化し得るものとなる。

【0012】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記複数個の永久磁石の間に、上記永久磁石より高い透磁率を有する磁性材料を配置するようにしたものであり、かかる構成により、弱め開磁制御を行い、高速回転に適し得るものとなる。

【0013】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、同一の相に接続される上記固定子巻線の巻回される固定子磁極は、上記回転子に対して、少なくとも一つは位相が異なるようにしたものであり、かかる構成により、脈動トルクを低減し得るものとなる。

【0014】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記固定子磁極の極数をMとし、上記回転子の永久磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=6n:6n\pm2$  (n:正の整数)とするようにしたものであり、かかる構成により、脈動トルクを低減し、さらに、コギングトルクを低減し得るものとなる。

【0015】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記固定子磁極の極数をMとし、上記回転子の永久磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=3n:3n\pm1$  (n:正の整数)とするようにしたものであり、かかる構成により、脈動トルクを低減し、さらに、コギングトルクを低減し得るものとなる。

【0016】上記永久磁石回転電機において、好ましくは、上記回転子の極数を、8極以上とするようにしたものであり、かかる構成により、高速回転に適したものである。

【0017】上記目的を達成するために、本発明は、固定子巻線を巻回した固定子鉄心を有する固定子と、この固定子の内周に回転可能に保持され、磁性材からなる回転子鉄心とこの回転子鉄心の内部に上記固定子鉄心と対向して配置された複数個の永久磁石を有する回転子とから構成された永久磁石回転電機を備え、この永久磁石回転電機により車輪の駆動される永久磁石回転電機を用いた電動車両において、上記固定子巻線は、上記固定子の磁極に集中的に巻回するようにしたものであり、かかる構成により、一充電走行距離を長くし得るものとなる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態による永久磁石回転電機について、図1～図5を用いて説明する。図1は、本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の正面側から見た部分断面図である。

【0019】図1において、回転電機10の固定子20は、固定子鉄心22と、この固定子鉄心22に巻回された多相の固定子巻線24と、固定子鉄心22をその内周面に固定保持するハウジング26から構成されている。

回転子30は、回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた永久磁石挿入孔34に挿入された永久磁石36と、シャフト38とから構成されている。シャフト38は、ベアリング42、44によって回転自在に保持されている。ベアリング42、44は、エンドブラケット46、48によって支持されており、エンドブラケット46、48は、ハウジング26の両端にそれぞれ固定されている。

【0020】また、回転子30の永久磁石36の位置を検出する磁極位置検出器PS及び回転子30の位置を検出するエンコーダEが、回転子30の側面側に配置されている。回転電機10は、磁極位置検出器PSの信号と、エンコーダEの出力信号によって、図3によって後述する制御装置によって運転制御される。

【0021】図2は、図1のA-A矢視の断面図であるが、ハウジングの図示は省略してある。図2において、回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子鉄心22は、円環状の固定子ヨーク22Aと固定子磁極22Bとからなり、固定子磁極22Bには、固定子巻線24が集中的に巻回される構成である。各巻線24は、空隙面での磁路を共有することのない構成である。固定子巻線を集中巻とする固定子構造とすることにより、エンドコイル部の長さを短くすることができるため、回転電機の体格を小さくすることができる。エンドコイル部は、図1において、固定子鉄心22の左右から固定子巻線24が飛び出ている部分であり、このエンドコイル部を短くできるため、回転電機の長さを短くでき、小型化できる。

【0022】固定子巻線24のU相には、U1+, U1-, U2+, U2-がそれぞれ接続され、V相には、V1+, V1-, V2+, V2-がそれぞれ接続され、W相には、W1+, W1-, W2+, W2-がそれぞれ接続される。

【0023】回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。10個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0024】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0025】回転子鉄心32を半径方向に分けると、内周側のヨーク部32Aと、外周部32Bに分けられる。また、回転子鉄心32の外周部32Bを周方向に2つの部分に分けると、補助磁極部32B1と、磁極片部32

(4)

特開平9-285088

5

B2に分けられる。補助磁極部32B1は、隣合う永久磁石挿入孔34に挟まれる領域であり、磁石の磁気回路をバイパスして、固定子の起磁力によって直接磁束を固定子側に発生させる領域である。磁極片部32B2は、回転子鉄心32の外周部32Bの中で、永久磁石36の外周側に位置する領域であり、永久磁石36からの磁束 $B\phi$ がギャップを介して固定子20側に流れて磁気回路を構成する領域である。

【0026】永久磁石36は、補助磁極部32B1によって周方向を覆われ、磁極片部32B2によって外周を覆われた永久磁石挿入孔34の中に収納することができる。高速回転に適した電動機とすることができる。

【0027】ここで、集中巻固定子は、一般には、リラクタン্সモータや小型のブラシレスモータに使用されている。この場合、リラクタン্সモータの場合には、回転子は補助磁極のみであり、ブラシレスモータの場合には、永久磁石を回転子外表面に直接配置する構成である。従って、リラクタン্সモータの場合には脈動トルクが大きく、また、トルクが小さいものである。

【0028】一方、表面磁石回転子の場合には、弱め界磁制御が比較的困難であり、表面磁石に発生する渦電流によって損失を発生し、効率を低下させるものであった。

【0029】それに対して、内部永久磁石の回転子と、集中巻固定子を組み合わせる構成とすることによって、永久磁石の磁束によるトルクと補助磁極のリラクタン্স成分によるトルクの両方を活用でき、高効率とすることができる。また、後述のように補助磁極の効果によって弱め界磁が可能となり、運転領域、特に、高速領域での運転領域が格段に広げることができる。

【0030】さらには、磁極片部が磁性体であるため、固定子磁極の脈動磁束を緩和することができる。また、積層鉄心であるため、渦電流損を発生しないものである。

【0031】なお、図2に示す例では、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが10極、固定子の磁極数Mが12極の構成としている。固定子磁極をM、回転子磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=6n:6n\pm 2$ （ここでnは正の整数）なる構成とすることにより、トルク脈動が少なく、かつ、巻線の利用率（巻線係数）を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができる。

【0032】以上は、電動機の例で示したが、発電機でも同様であることはいうまでもないことである。

【0033】次に、図3を用いて、本実施形態による永久磁石回転電機を制御する制御装置について説明する。図3は、本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の制御回路の回路図である。

【0034】直流電源80よりインバータ82を介して回転電機10の固定子巻線24に電力を供給する。速度

6

制御回路（ASR）84は、速度指令 $\omega s$ と、エンコーダEからの位置情報 $\theta$ からF/V変換器86を介して得られる実際の速度 $\omega f$ とから速度差 $\omega e$ を算出し、これにPI制御（P：比例項、I：積分項）等によってトルク指令、即ち、電流指令 $I_s$ と回転子30の回転角 $\theta_1$ を出力する。

【0035】位相シフト回路88は、エンコーダEよりのパルス、即ち、回転子の位置情報 $\theta$ を、速度制御回路（ASR）84からの回転角 $\theta_1$ の指令に応じて位相シフトして出力する。正弦波・余弦波発生器90は、回転子30の永久磁石磁極の位置を検出する位置検出器PSと、位相シフト回路88からの位相シフトされた回転子の位置情報 $\theta$ に基づいて、固定子巻線24の各巻線（ここでは3相）の誘起電圧を位相シフトした正弦波出力を発生する。位相シフト量は、零の場合でもよい。

【0036】2相-3相変換回路92は、速度制御回路（ASR）84からの電流指令 $I_s$ と正弦波・余弦波発生器90の出力に応じて、各相に電流指令 $I_{sa}$ 、 $I_{sb}$ 、 $I_{sc}$ を出力する。各相はそれぞれ個別に電流制御系（ACR）94A、94B、94Cを持ち、電流指令 $I_{sa}$ 、 $I_{sb}$ 、 $I_{sc}$ と電流検出器CTからの電流検出信号 $I_{fa}$ 、 $I_{fb}$ 、 $I_{fc}$ に応じた信号を、インバータ82に送って各相電流を制御する。この場合、各相合成の電流は、界磁磁束に直角、あるいは位相シフトした位置に常に形成され、これによって無整流子で、かつ直流機と同等の特性を得ることができる。

【0037】ここで、電機自動車に適用する場合には、制御装置は、速度制御回路84ではなく、直接トルクを制御するトルク制御系を有する。即ち、速度制御回路84に替えて、トルク制御回路を使用する。トルク制御回路は、入力信号として、トルク $T_s$ と、トルク検出器によって得られる実際のトルク $T_f$ とからトルク $T_e$ を算出し、これにPI制御（P：比例項、I：積分項）等によってトルク指令、即ち、電流指令 $I_s$ と回転子30の回転角 $\theta_1$ を出力する。

【0038】永久磁石回転電機においては、トルクは電流に直接比例するために電流制御系を速度制御回路84の代わりに配置される。

【0039】固定子巻線24の結線は、3相固定子巻線で、U相には、 $U1+$ 、 $U1-$ 、 $U2+$ 、 $U2-$ が図示の順で接続され、V相には、 $V1+$ 、 $V1-$ 、 $V2+$ 、 $V2-$ が図示の順で接続され、W相には、 $W1+$ 、 $W1-$ 、 $W2+$ 、 $W2-$ が図示の順で接続される。ここで、各相を構成する巻線、例えば、U相では $U1+$ と $U2-$ の間、 $U1-$ と $U2+$ の間、V相では $V1+$ と $V2-$ の間、 $V1-$ と $V2+$ の間、W相では $W1+$ と $W2-$ の間、 $W1-$ と $W2+$ の間では、電気角で30度の位相差を有する。即ち、図1に示すように、例えば、固定子磁極 $U1+$ と $U2-$ の間の角度 $\theta_1$ に対して、回転子30の隣合う永久磁石36の角度 $\theta_2$ となっており、電気角で30度の位相差を有するようになっている。このようにし



(5)

特開平9-285088

7

て、同一の相に接続される固定子巻線の巻回される固定子磁極は、永久磁石に対して少なくとも一つが位相が異なるようになっている。例えば、U1-が巻回される固定子磁石とU2+が巻回される固定子磁石を見ると、U1-に対して永久磁石36Aが同相とすると、永久磁石36Bに対しては、位相が30度異なるようになっている。これによって、集中巻の固定子において問題となる脈動トルクが軽減されている。この理由については、図4を用いて後述する。

【0040】集中巻きにおいては、図1に示すように、各巻線が空隙面でラップしないような構成にする。これによって、各巻線間の相互干渉は無くなり、小型軽量で、しかも、構成も簡単にすることができる。

【0041】また、図示のように、隣あう巻線を同相に選択することによって、接続が容易になる。即ち、U相ではU1+とU2-とが隣あっており、U1-とU2+とが隣あっている。また、V相ではV1+とV2-とが隣あっており、V1-とV2+とが隣あっている。同様に、W相ではW1+とW2-とが隣あっており、W1-とW2+とが隣あっているため、接続が容易になる。

【0042】次に、図4を用いて、トルク脈動の低減する理由について説明する。図4は、本発明の一実施形態による永久磁石回転電機によって発生するトルクの説明図である。

【0043】図4(a)は、U1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-の各固定子巻線に、図3に示した正弦・余弦発生回路90からの信号に基づいて正弦波電流を加えた場合に発生するトルクを示している。高調波成分を含まなければ、均一なトルクになるが、永久磁石の高調波分や、補助磁極による高調波分等が含まれているため、図示のように、電気角で60度を周期とするトルク脈動が発生する。

【0044】図4(b)は、U2+, U2-, V2+, V2-, W2+, W2-の各固定子巻線に、正弦波電流を加えた場合に発生するトルクを示している。図4(a)に示したのと同様に、永久磁石の高調波分や、補助磁極による高調波分等が含まれているため、図示のように、電気角で60度を周期とするトルク脈動が発生する。

【0045】ここで、固定子巻線24のU1+, U1-, V1+, V1-, W1+, W1-が巻回されている固定子磁極22Bと、固定子巻線24のU2-, V2+, V2-, W2+, W2-が巻回されている固定子磁極22B2とは、電気角で30度の位相差があるために、発生トルクの脈動は逆相となっている。

【0046】従って、図4(c)に示すように、図4(a)と図4(b)の合成されたトルクは、脈動トルクを低減したものとなる。

【0047】図2において、永久磁石極数Mと固定子磁極数Pとの比を10:12の例では、永久磁石回転電機のコギングトルクは、永久磁石極数と固定子磁極数の最

8

小公倍数、ここでは、60/回転の脈動となる。一般に、コギングトルクは脈動数/回転が大きくなるほど小さくなる。

【0048】ここで、従来からある一般的な表面磁石回転子で集中巻固定子においては、永久磁石極数Mと固定子磁極数Pとの比は、2:3であり、永久磁石極数M=2を図2に示した永久磁石極数M=10極に換算してみると、M:P=10:15に相当する。この場合、コギングトルクの脈動数/回転は、10と15の最小公倍数ということ、30となる。従って、本実施形態による方が、コギングトルクを小さくできるものである。

【0049】また、電流通電時の脈動トルクの減少も図4で示した原理のよって小さくすることができる。

【0050】次に、本実施形態による永久磁石回転電機の弱め界磁制御による動作原理について、図5を用いて説明する。図5は、本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の動作原理図である。

【0051】永久磁石回転電機の発生トルクTは、一般には次式で表される。

20 【0052】

$$T = \{E_0 \cdot I_q + (X_q - X_d) \cdot I_d \cdot I_q\} / \omega$$

ここで、E0は誘起電圧、Xqはq軸リアクタンス、Xdはd軸リアクタンス、Idはd軸電流、Iqはq軸電流、ωは回転角速度を表している。

【0053】図5(a)に示すように、永久磁石36はd軸に配置され、永久磁石より高い透磁率を有する補助磁極部32B1の位置はq軸に配置される。この場合、各ベクトルは、図5(a)で表される。ここで、d軸電流Id、q軸電流Iqの合成である電流Imは、図3に示した制御回路の電流指令Isa、Isb、Iscや電動機の磁極位置検出器PSやエンコーダEの出力位置の計算等によって図示の位置に制御される。

【0054】上式において、第一項が永久磁石による成分で、第二項がリアクタンス成分で補助磁極部32B1による成分である。

【0055】電気自動車用駆動電動機では、特に低速時に電動機のトルク/電流を最大にするように制御する必要がある。図5(a)はトルク・電流を最大にするように制御した場合のベクトル図を示す。ここでは、補助磁極32B1に増磁起磁力がかかるように制御し、上式の第1項の永久磁石によるトルクとともに第2項の補助磁極32B1のよるリアクタンストルクをも十分に活用した制御となる。

【0056】一方、高速領域においては、トルクは少なくともよく、むしろ永久磁石36の磁束を弱めるために、Id成分を大きくし、永久磁石E0をXd・Idによって打ち消し、高速領域まで回転できるようにしている。図5(b)は高速時のベクトル図を示している。

【0057】以上の電流Id、Iqの制御は、図3の制御回路の位相シフト回路88によって行われる。

(6)

特開平9-285088

9

10

【0058】図5(c)において、破線T2は、従来の表面磁石回転電機によって発生するトルクを示しており、高速領域でのトルクは低下している。それに対して、実線T1は、上述した制御によって、本実施形態による永久磁石回転電機の数値トルクの関係を示しており、従来の表面磁石回転電機と比較して、電流が流れやすくなるため、高速領域まで運転することが可能になる。

【0059】本実施形態によれば、集中巻固定子とすることにより、固定子のエンドコイル部を短くでき、回転電機を小型化できる。

【0060】また、同一の相に接続される固定子巻線の巻回される固定子磁極は、永久磁石に対して少なくとも一つが位相が異なるようになっているので、集中巻の固定子において問題となる脈動トルクが軽減されている。

【0061】また、補助磁極を有する永久磁石回転子とすることにより、弱め界磁制御に適する構成となっており、高速回転に適した回転電機とすることができる。

【0062】また、永久磁石の間には、永久磁石よりも高い透磁率を有する磁性材料からなる補助磁極部を配置したため、発生するトルクを大きくすることができる。

【0063】また、永久磁石の周囲を珪素鋼板で覆う構成とすることにより、高速回転に適したものとなる。

【0064】次に、本発明の他の実施形態による永久磁石回転電機について、図6を用いて説明する。図6は、本発明の他の実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【0065】本実施形態の特徴とする点は、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが10極、固定子の磁極数Mが9極の構成としている。固定子磁極をM、回転子磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=3n:3n\pm1$ （ここでnは正の整数）なる構成とすることにより、トルク脈動が少なく、かつ、巻線の利用率（巻線係数）を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができるものである。

【0066】図6において、回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子鉄心22は、円環状の固定子ヨーク22Aと固定子磁極22Bとからなり、固定子磁極22Bには、固定子巻線24が集中的に巻回される構成である。各巻線24は、空隙面での磁路を共有することのない構成である。固定子巻線を集中巻とする固定子構造とすることにより、エンドコイル部の長さを短くすることができるため、回転電機の体格を小さくすることができる。

【0067】固定子巻線24のU相には、U1+、U1-、U2+がそれぞれ接続され、V相には、V1+、V1-、V2+がそれぞれ接続され、W相には、W1+、W1-、W2+がそれぞれ接続される。

【0068】回転子30は、高透磁率磁性材料である、

例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。10個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0069】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0070】回転子鉄心32を半径方向に分けると、内周側のヨーク部32Aと、外周部32Bに分けられる。また、回転子鉄心32の外周部32Bを周方向に2つの部分に分けると、補助磁極部32B1と、磁極片部32B2に分けられる。補助磁極部32B1は、隣合う永久磁石挿入孔34に挟まれる領域であり、磁石の磁気回路をバイパスして、固定子の起磁力によって直接磁束を固定子側に発生させる領域である。磁極片部32B2は、回転子鉄心32の外周部32Bの中で、永久磁石36の外周側に位置する領域であり、永久磁石36からの磁束Bφがギャップを介して固定子20側に流れて磁気回路を構成する領域である。

【0071】永久磁石36は、補助磁極部32B1によって周方向を覆われ、磁極片部32B2によって外周を覆われた永久磁石挿入孔34の中に収納することができる。高速回転に適した電動機とすることができる。

【0072】さらには、磁極片部が磁性体であるため、固定子磁極の脈動磁束を緩和することができる。また、積層鉄心であるため、渦電流損を発生しないものである。

【0073】この例では、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが10極、固定子の磁極数Mが9極の構成としている。固定子磁極をM、回転子磁石の極数をPとしたとき、 $M:P=3n:3n\pm1$ （ここでnは正の整数）なる構成とすることにより、トルク脈動が少なく、かつ、巻線の利用率（巻線係数）を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができる。

【0074】固定子巻線24の結線は、3相固定子巻線で、U相には、U1+、U1-、U2+が図示の順で接続され、V相には、V1+、V1-、V2+が図示の順で接続され、W相には、W1+、W1-、W2+が図示の順で接続される。ここで、各相を構成する巻線、例えば、U相ではU1+とU1-の間、U1-とU2+の間、V相ではV1+とV1-の間、V1-とV2+の間、W相ではW1+とW1-の間、W1-とW2+の間では、電気角で20度の位相差を有する。このようにして、同一の相に接続される固定子巻線の巻回される固定子磁極は、永久磁石に対して少なくとも一つが

(7)

特開平9-285088

11

位相が異なるようになっていく。例えば、U1-が巻回される固定子磁石とU2+が巻回される固定子磁石を見ると、U1-に対して永久磁石36Aが同相とすると、永久磁石36Bに対しては、位相が20度異なるようになっている。これによって、集中巻の固定子において問題となる脈動トルクが軽減されている。

【0075】また、隣り合う固定子磁極22Bの電気的な角度は、 $180 \times (10/9) = 200$ 度となり、位相差を考えると20度となる。永久磁石回転電機のコギングトルクは、永久磁石極数と固定子磁極数の最小公倍数、ここでは、90/回転の脈動となる。

【0076】一方、図2に示した永久磁石極数Mと固定子磁極数Pとの比を10:12の例では、上述したように、永久磁石回転電機のコギングトルクは、60/回転の脈動となる。従って、本実施形態では、コギングトルクをさらに、小さくすることができる。

【0077】以上は、電動機の例で示したが、発電機でも同様であることはいふまでもないことである。

【0078】本実施形態によれば、集中巻固定子とすることにより、固定子のエンドコイル部を短くでき、回転電機を小型化できる。

【0079】また、同一の相に接続される固定子巻線の巻回される固定子磁極は、永久磁石に対して少なくとも一つが位相が異なるようになっていくので、集中巻の固定子において問題となる脈動トルクが軽減されている。

【0080】また、コギングトルクをさらに、低減できる。

【0081】また、補助磁極を有する永久磁石回転子とすることにより、弱め界磁制御に適する構成となっており、高速回転に適した回転電機とすることができる。

【0082】また、永久磁石の間には、永久磁石よりも高い透磁率を有する磁性材料からなる補助磁極部を配置したため、発生するトルクを大きくすることができる。

【0083】また、永久磁石の周囲を珪素鋼板で覆う構成とすることにより、高速回転に適したものとなる。

【0084】次に、本発明の第3の実施形態による永久磁石回転電機について、図7を用いて説明する。図7は、本発明の第3の実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【0085】本実施形態の特徴とする点は、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが12極、固定子の磁極数Mが8極の構成としている。かかる構成とすることにより、巻線の利用率(巻線係数)を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができるものである。

【0086】図7において、回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子鉄心22は、円環状の固定子ヨーク22Aと固定子磁極22Bとからなり、固定子磁極22Bには、固定子巻

12

線24が集中的に巻回される構成である。各巻線24は、空隙面での磁路を共有することのない構成である。固定子巻線を集中巻とする固定子構造とすることにより、エンドコイル部の長さを短くすることができるため、回転電機の体格を小さくすることができる。

【0087】固定子巻線24のU相には、U1, U2, U3, U4がそれぞれ接続され、V相には、V1, V2, V3, V4がそれぞれ接続され、W相には、W1, W2, W3, W4がそれぞれ接続される。

【0088】回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。10個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0089】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0090】回転子鉄心32を半径方向に分けると、内周側のヨーク部32Aと、外周部32Bに分けられる。また、回転子鉄心32の外周部32Bを周方向に2つの部分に分けると、補助磁極部32B1と、磁極片部32B2に分けられる。補助磁極部32B1は、隣合う永久磁石挿入孔34に挟まれる領域であり、磁石の磁気回路をバイパスして、固定子の起磁力によって直接磁束を固定子側に発生させる領域である。磁極片部32B2は、回転子鉄心32の外周部32Bの中で、永久磁石36の外周側に位置する領域であり、永久磁石36からの磁束Bφがギャップを介して固定子20側に流れて磁気回路を構成する領域である。

【0091】永久磁石36は、補助磁極部32B1によって周方向を覆われ、磁極片部32B2によって外周を覆われた永久磁石挿入孔34の中に収納することができる。高速回転に適した電動機とすることができる。

【0092】さらには、磁極片部が磁性体であるため、固定子磁極の脈動磁束を緩和することができる。また、積層鉄心であるため、渦電流損を発生しないものである。

【0093】この例では、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが12極、固定子の磁極数Mが8極の構成としている。かかる構成とすることにより、巻線の利用率(巻線係数)を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができる。

【0094】固定子巻線24の結線は、3相固定子巻線で、U相には、U1, U2, U3, U4が図示の順で接続され、V相には、V1, V2, V3, V4が図示の順で接

(8)

特開平9-285088

13

続され、W相には、W1, W2, W3, W4が図示の順で接続される。ここで、各U相、V相、W相を構成する巻線の間では、電気角で60度の位相差を有する。

【0095】本例では、同一の相に接続される固定子巻線の巻回される固定子磁極は、永久磁石に対して同相となっており、トルク脈動の低減なし得ないが、同一の相は、対称に配置される構成となっているため、バランスがよい構造となっている。即ち、U相についてみると、各U1, U2, U3, U4は、シャフト38を中心として、点対称になっている。

【0096】以上は、電動機の例で示したが、発電機でも同様であることはいうまでもないことである。

【0097】本実施形態によれば、集中巻固定子とすることにより、固定子のエンドコイル部を短くでき、回転電機を小型化できる。

【0098】また、補助磁極を有する永久磁石回転子とすることにより、弱め界磁制御に適する構成となっており、高速回転に適した回転電機とすることができる。

【0099】また、永久磁石の間には、永久磁石よりも高い透磁率を有する磁性材料からなる補助磁極部を配置したため、発生するトルクを大きくすることができる。

【0100】また、永久磁石の周囲を珪素鋼板で覆う構成とすることにより、高速回転に適したものとなる。

【0101】次に、本発明の第4の実施形態による永久磁石回転電機について、図8を用いて説明する。図8は、本発明の第4の実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【0102】本実施形態の特徴とする点は、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが12極、固定子の磁極数Mが8極の構成としている。かかる構成とすることにより、巻線の利用率(巻線係数)を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができるものである。

【0103】また、回転子の磁極片部を、固定子の磁極側に突出させる形状とすることにより、磁束分布を正弦波状にするようにしたものである。

【0104】図8において、回転電機10は、固定子20と回転子30とから構成されている。固定子20は、固定子鉄心22と固定子巻線24から構成される。固定子鉄心22は、円環状の固定子ヨーク22Aと固定子磁極22Bとからなり、固定子磁極22Bには、固定子巻線24が集中的に巻回される構成である。各巻線24は、空隙面での磁路を共有することのない構成である。固定子巻線を集中巻とする固定子構造とすることにより、エンドコイル部の長さを短くすることができるため、回転電機の体格を小さくすることができる。

【0105】固定子巻線24のU相には、U1, U2, U3, U4がそれぞれ接続され、V相には、V1, V2, V3, V4がそれぞれ接続され、W相には、W1, W2, W3, W4がそれぞれ接続される。

14

【0106】回転子30は、高透磁率磁性材料である、例えば、複数枚の珪素鋼板が積層されている回転子鉄心32と、回転子鉄心32に設けられた4個の永久磁石挿入孔34に挿入された4個の永久磁石36と、シャフト38から構成されている。10個の永久磁石36は、極性が互いに反対方向になるように、回転子鉄心32の周方向に等間隔で配置されている。

【0107】回転子鉄心32は、永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれる構造となっている。永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔が打ち抜かれ珪素鋼板を積層し、貫通する永久磁石挿入孔34とシャフト38を通す孔の中に永久磁石36及びシャフト38が挿入されて回転子30を構成する。

【0108】回転子鉄心32を半径方向に分けると、内周側のヨーク部32Aと、外周側であって、永久磁石36の外周に位置する磁極片部32B2に分けられる。磁極片部32B2は、永久磁石36からの磁束Bφがギャップを介して固定子20側に流れて磁気回路を構成する領域であり、ここでは、回転子の磁極片部を、固定子の磁極22B側に突出させる形状とすることにより、磁束分布を正弦波状にしている。

【0109】永久磁石36は、補助磁極部32B1によって周方向を覆われ、磁極片部32B2によって外周を覆われた永久磁石挿入孔34の中に収納することができる。高速回転に適した電動機とすることができる。

【0110】さらには、磁極片部が磁性体であるため、固定子磁極の脈動磁束を緩和することができる。また、積層鉄心であるため、渦電流損を発生しないものである。

【0111】この例では、電動機構成で、3相、かつ永久磁石回転子36の極数Pが12極、固定子の磁極数Mが8極の構成としている。かかる構成とすることにより、巻線の利用率(巻線係数)を大きくできることから、高効率、小型軽量とすることができる。

【0112】固定子巻線24の結線は、3相固定子巻線で、U相には、U1, U2, U3, U4が図示の順で接続され、V相には、V1, V2, V3, V4が図示の順で接続され、W相には、W1, W2, W3, W4が図示の順で接続される。ここで、各U相、V相、W相を構成する巻線の間では、電気角で60度の位相差を有する。

【0113】本例では、同一の相に接続される固定子巻線の巻回される固定子磁極は、永久磁石に対して同相となっており、トルク脈動の低減なし得ないが、同一の相は、対称に配置される構成となっているため、バランスがよい構造となっている。即ち、U相についてみると、各U1, U2, U3, U4は、シャフト38を中心として、点対称になっている。

【0114】以上は、電動機の例で示したが、発電機でも同様であることはいうまでもないことである。

【0115】本実施形態によれば、集中巻固定子とする

(9)

特開平9-285088

15

ことにより、固定子のエンドコイル部を短くでき、回転電機を小型化できる。

【0116】また、永久磁石回転子とすることにより、弱め界磁制御に適する構成となっており、高速回転に適した回転電機とすることができる。

【0117】また、永久磁石の周囲を珪素鋼板で覆う構成とすることにより、高速回転に適したものとなる。

【0118】以上、各実施形態においては、制御方式として回転子の位置に対して、正弦波状の電流制御を行う方式について述べたが、電流制御を行わない120度通電型のブラシレスモータ方式でも適用できることは言うまでもないことである。

【0119】また、以上の説明では、内転形の電動機で示したが、外転型及び発電機あるいはリニアモータにも適用可能である。

【0120】次に、本発明の第5の実施形態による永久磁石回転電機を用いた電気自動車について、図9を用いて説明する。図9は、本発明の第5の実施形態による永久磁石回転電機を搭載した電気自動車のブロック構成図である。

【0121】電気自動車の車体100は、4つの車輪110、112、114、116によって支持されている。この電気自動車は、前輪駆動であるため、前方の車軸154には、永久磁石回転電機120が直結して取り付けられている。永久磁石回転電機120の構成は、図2、図6、図7、図8に示したような構成となっている。永久磁石回転電機120は、制御装置130によって駆動トルクが制御される。制御装置130の動力源としては、バッテリー140が備えられ、このバッテリー140から電力が制御装置130を介して、永久磁石回転電機120に供給され、永久磁石回転電機120が駆動されて、車輪110、114が回転する。ハンドル150の回転は、ステアリングギア152及びタイロッド、ナックルアーム等からなる伝達機構を介して、2つの車輪110、114に伝達され、車輪の角度が変えられる。

【0122】なお、以上の実施例では、永久磁石回転電機を電気自動車の車輪の駆動に用いるものとして説明したが、電気機関車等の車輪の駆動にも使用できるものである。

【0123】本実施形態によれば、永久磁石回転電機を電動車両、特に電気自動車に適用すれば、小型軽量高効率の永久磁石回転電機駆動装置を搭載でき、一充電走行距離の長い電気自動車を提供することができる。

【0124】

【発明の効果】本発明によれば、永久磁石回転電機を、高速に適し、高効率であるとともに、小型軽量にできるとともに、電動車両の一充電走行距離の長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の

16

正面側から見た部分断面図である。

【図2】図1のA-A断面を示し、本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【図3】本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の制御回路の回路図である。

【図4】本発明の一実施形態による永久磁石回転電機によって発生するトルクの説明図である。

【図5】本発明の一実施形態による永久磁石回転電機の動作原理図である。

10 【図6】本発明の他の実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【図7】本発明の第3の実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【図8】本発明の第4の実施形態による永久磁石回転電機の断面図である。

【図9】本発明の第5の実施形態による永久磁石回転電機を搭載した電気自動車のブロック構成図である。

【符号の説明】

10…永久磁石回転電機

20…固定子

22…固定子鉄心

22A…固定子ヨーク

22B…固定子磁極

24…固定子巻線

26…ハウジング

30…回転子

32…回転子鉄心

32A…ヨーク

32B…外周部

30 32B1…補助磁極部

32B2…磁極片部

34…永久磁石挿入穴

36…永久磁石

38…シャフト

39…風孔

46, 48…エンドブラケット

42, 44…ベアリング

80…直流電源

82…インバータ

40 84…速度制御回路

86…F/V変換器

88…位相シフト回路

92…2相-3相変換回路

90…正弦波・余弦波発生器

94A, 94B, 94C…電流制御系

100…車体

110, 112, 114, 116…車輪

130…制御装置

140…バッテリー

50 150…ハンドル

(10)

特開平9-285088

18

152...ステアリングギア

154...車軸

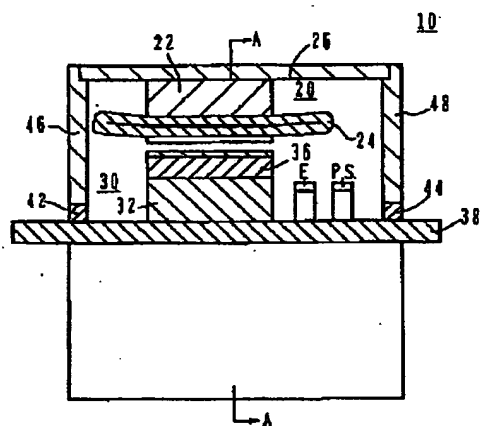
PS...位置検出器

\* E...エンコーダ

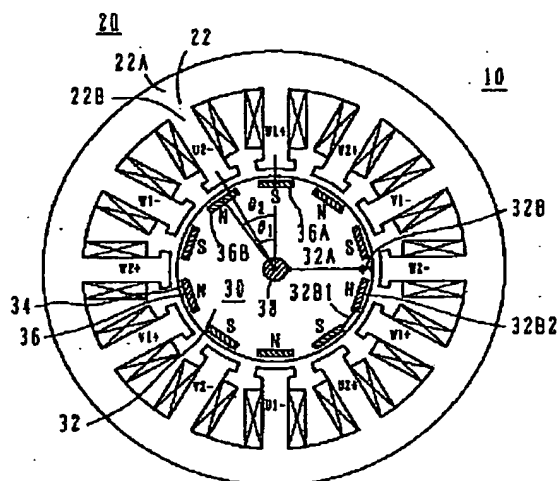
CT...電流検出器

\*

【図1】

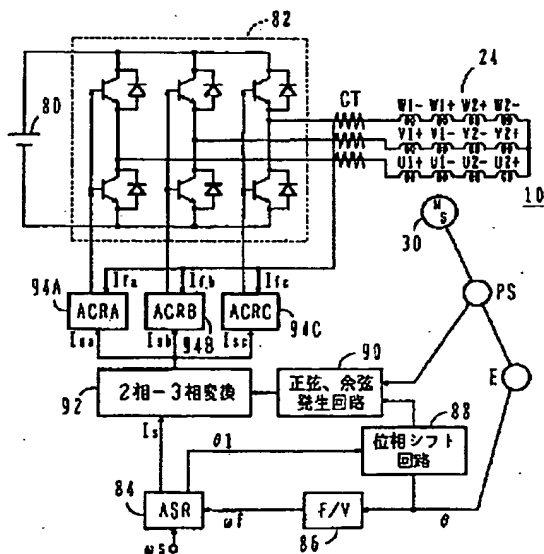


【図2】

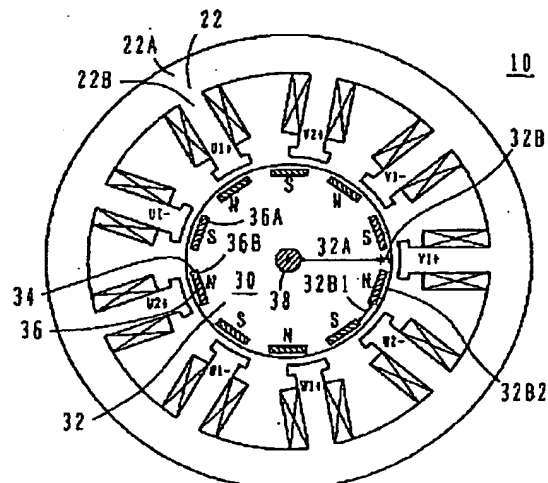


20:固定子  
22:固定鉄心  
24:固定子巻線  
30:回転子  
32B1:  
36:永久磁石

【図3】



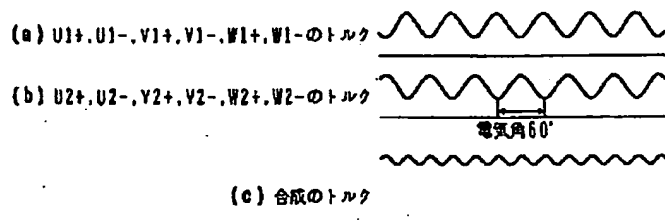
【図6】



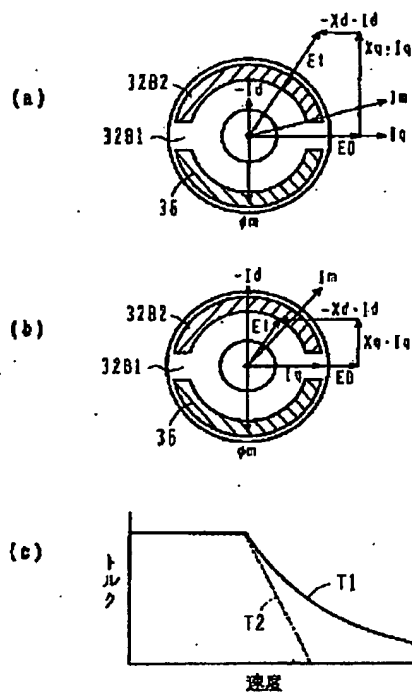
(11)

特開平9-285088

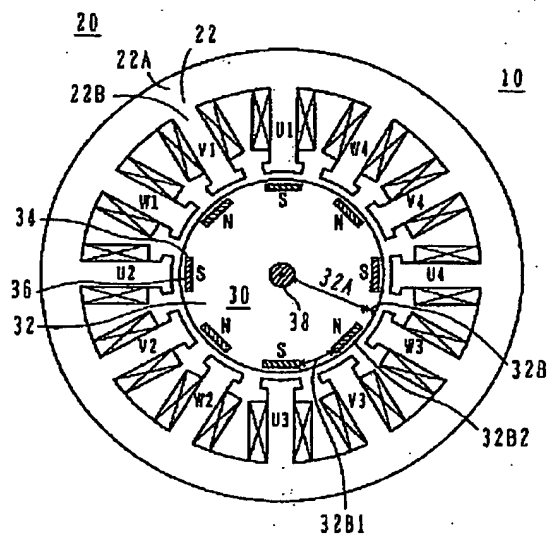
【図4】



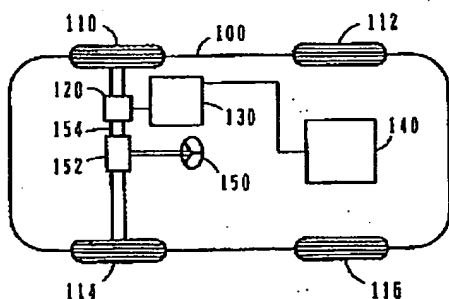
【図5】



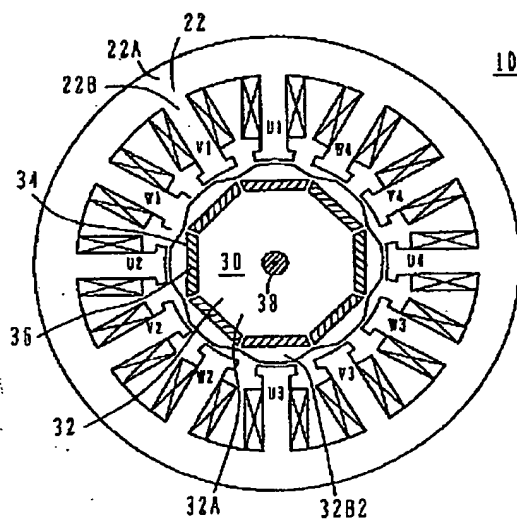
【図7】



【図9】



【図8】



(12)

特開平9-285088

フロントページの続き

(72)発明者 川又 昭一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 渡川 末太郎

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小泉 修

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小田 圭二

茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社日立カーエンジニアリング内



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**